

天空背景弱小目标检测技术研究

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: X2004330020

UDC _____

厦门大学

硕士学位论文

天空背景弱小目标检测技术研究

Study on small target detection technology research in the
background of the sky

金胜昔

指导教师姓名: 李翠华 教授

专业名称: 计算机科学系

论文提交日期: 2008 年 5 月

论文答辩时间: 2008 年 6 月

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评阅人: _____

2008 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：金胜昔

2008 年 6 月 1 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密（ ），在年解密后适用本授权书。

2. 不保密（ ☒ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名：金胜昔 日期： 2008 年 6 月 1 日

导师签名： 李翠华 日期： 2008 年 6 月 6 日

天空背景弱小目标检测技术研究

摘要:

本文主要对天空背景红外小目标图像检测与识别问题进行研究,为了解决红外序列图像中运动小目标的检测问题,本文提出了一种基于Robert算子的“LJ组合处理”检测方法。首先,对含小目标的天空背景红外图片进行初级图像预处理,再根据目标/噪声/背景的灰度分布模型,以及天空背景的特点,进行特定的灰度线性变换处理,再通过Robert算子的边缘提取效应,提高信号和周遍像素的对比度,最终通过阈值分割找到目标。由Fourier变换的定义可知,噪声能量主要集中在高频段,背景能量主要集中在低频段,而目标能量则主要分布在中高频段,所以我们选择不同的参数和处理方法,从而可以将候选目标从背景中分离出来。

另一方面,社会生活中监视器使用普遍,由监视器截图中得到的目标很多为弱小目标,对此类弱小目标的检测是目前的一个研究热点,也有巨大的应用前景。本论文在导师在指导下,也开始尝试研究这个领域的部分课题。

通过对各种图像处理算法的综合运用,我们可以按一定的虚警率,可以比较准确地检测出红外序列图像中的小目标。实验结果验证了本文所提出方法的有效性。

本论文创新点是: (1) 不采用滤波技术,直接使用优化参数后的数字图像处理技术,检测小目标,检测速度超越了采用滤波技术的方法。 (2) 通过

优化参数匹配，采用文中提到的LJ组合处理，解决了在红外实验图片序列类中单帧检测的成功率问题，误差率小于0.1%.

(3) 采用实验验证的参数，确定自定义模板平滑滤波，在车牌检测中尝试应用，有明显效果。

关键词：弱小目标检测；Robert算子；LJ组合处理

Study on small target detection technology research in the background of the sky

abstract:

This paper mainly researches the detection and recognition of small infrared target in ordinary sky background image. To address the low contrast infrared image sequences in the small moving target detection problem, this paper presents a Robert operator basing on the combination of LJ detection method. First, deal with the goal of the sky containing small infrared images gray background. Then, according to the light of objectives / Noise / gray background distribution model, as well as the characteristics of the sky background, we transform the gray-specific linear, and draw effects through Robert Operators edge extraction, and improve the signal nearby pixel contrast. Finally we find targets through the eventual adoption of threshold segmentation. From the definition of Fourier transform, we can see the noise energy mainly concentrates on the high-frequency band, and background energy mainly concentrates on the low-energy spectrum, and the main objective of energy distribution in the high-frequency band, so we choose different parameters and processing methods, which can separate the candidate target from the background.

On the other hand, It is widely used monitors by people. we can get some images from monitors, some small target live in these images. It is a hot area to study the kind of small target. The subject has great prospect. we will begin to study the subject by mentor.

Through these comprehensive use of integrated image processing algorithm, we can use a certain level of the false alarm rate to detect image sequences in the small target more accurately. The experimental results presented in this paper show the effectiveness of the method.

Key words: Images of low contrast; small target detection; Robert operator; LJ combination treatment

目录

第一章 概论.....	1
1.1 红外图像小目标检测的背景及意义.....	1
1.2 现有红外图像小目标检测的研究概况.....	4
1.2.1 基于投影变换的小目标检测方法.....	5
1.2.2 基于图像灰度信息的运动分析方法.....	5
1.2.3 基于 SNR 增益的三维时空滤波器.....	6
1.2.4 基于概率统计的最大似然比自适应算法.....	7
1.2.5 基于目标运动路径连贯性的目标识别方法.....	7
1.2.6 基于三维匹配滤波器法.....	8
1.2.7 动态规划法.....	9
1.2.8 基于多级假设检验的方法.....	10
1.2.9 神经网络法.....	10
1.2.10 基于像素处理的光流法.....	11
1.3 本论文主要研究工作与创新点.....	12
第二章 小目标检测方案设计.....	15
2.1 红外小目标成像特点.....	15
2.2 小目标的数学模型.....	16
2.2.1 目标/噪声/背景的灰度分布模型.....	16
2.2.2 目标/噪声/背景的频域分析.....	17
2.3 虚警与漏检问题.....	20
2.4 算法设计思路.....	21
第三章 红外小目标检测图像处理算法研究.....	23
3.1 红外点目标图像特点分析.....	23
3.2 图像预处理与图像增强算法.....	24
3.3 边缘检测算法的作用以及在小目标检测中的重大作用.....	29
3.4 阈值分割原理以及作用.....	32
3.4.1 阈值分割原理.....	32
3.4.2 常用阈值分割检测算法.....	34
第四章 单帧检测与多帧识别分析.....	36
4.1 单帧检测.....	36
4.1.1 “LJ 组合处理”.....	36
4.2 多帧确认小目标的方法.....	40
4.3 确定目标质心方法讨论.....	44
4.4 民用市场弱小目标检测算法探讨.....	45
第五章 部分计算机仿真实验.....	48
5.1 某型飞机红外远距离成像序列图片检测.....	48
5.2 岛外轮船远距离红外图片检测.....	53
5.3 民用市场微弱小目标图片检测研究.....	54
5.4 点目标检测技术同类方法的优缺点分析.....	58
第六章 结束语.....	60
6.1 总结与展望.....	60
参考文献.....	62

硕士学习阶段发表的论文:	64
致 谢	65
附录:	66

厦门大学博硕士论文摘要库

Chapter 1	Introduction	1
1.1	small target detection infrared image of the background and significance.	1
1.2	existing infrared image of the small target detection Research.....	4
1.2.1	based on the projection transformation of the small target detection method.....	5
1.2.2	based on the gray-scale information campaign image analysis.....	5
1.2.3	SNR gain based on the three-dimensional space-time filter	6
1.2.4	based on probability and statistics than the maximum likelihood adaptive algorithm	7
1.2.5	target path based on the continuity of the target identification methods	7
1.2.6	based on the three-dimensional matched filter Act	8
1.2.7	dynamic programming	9
1.2.8	based on multi-level hypothesis testing methods	10
1.2.9	neural network	10
1.2.10	a treatment based on the optical flow of	11
1.3	Main research of the paper.....	12
Chapter 2	Small target detection programme design.....	15
2.1	infrared imaging characteristics of a small target.....	15
2.2	mathematical model of the Small target.....	16
2.3	False alarm and detection probability problems.....	20
2.4	Algorithm Design.....	21
Chapter 3	sutdy about Small target detection algorithm for image processing	
3.1	Infrared images characteristics of point target analysis.....	23
3.2	Gray Degree transform the meaning.....	23

321 Gray equalization.....	24
322 Gray linear transformation.....	29
3.3 Edge detection algorithm and the role of the small target detection	29
3.4 Threshold segmentation and the role of principle-----	33
3.4.1 Threshold segmentation of principle-----	33
3.4.2 Normal operation of Threshold segmentation.....	34
Chapter 4 Individual picture of detection and many picture frames identification confirmed	36
4.1 Individual picture of detection.....	36
4.1.1 LJ combination treatment.....	36
4.2 Confirmation by lots of pictures of detection	40
4.3 Objective way of determining heart.....	44
4.4 Civilian market of small target detection algorithm-----	45
Chapter 5 Computer simulation.....	48
5.1 A certain type of aircraft infrared remote imaging detection in sequence picture.....	48
5.2 Infrared images of remote detection ship.....	53
5.3 Civilian market of small target detection test.....	54
5.4 objectives and compare the results of analysis of advantages and disadvantages.....	58
Chapter 6 Concluding remarks-----	60
6.1 Summary and Outlook.....	60
References -----	62
Paper published	64
Thanks -----	65
Appendix	66

第一章 概论

引言

远距离物体,在成像系统上都呈小目标状态,大小通常只有几个像素大小。在军事上,远程制导武器中,红外成像系统远距离显示的就是弱小目标。利用数字图像处理技术实现弱小目标的自动检测、识别与跟踪是精确制导武器的主要技术发展方向。通常在红外前视图像中,当运动目标与成像平面距离较远时,目标在图像中只占几个或十几个像素,表现为点状或斑状,呈现为红外弱小目标。

在实际处理中,往往要求在固定的帧数内以一定的虚警率检测出目标,显然实时快速处理也是必要的。然而目标的尺寸小,可以利用的信息少,缺乏形状信息,因此,低信噪比弱小目标的检测与跟踪问题已经成为自动目标识别(Automatic Target Recognition,简称ATR)中的一个主要难题。利用目标和背景的一些特性来抑制背景和噪声,增强目标,可以极大地提高信噪比,从而提高图像序列中目标检测概率,减小虚警率。

1.1 红外图像小目标检测的背景及意义

目标和探测系统的相对位置越远,目标对探测系统所成的张角越小,在探测器上的成像面积越小,在图像平面上表现为点状或不稳定斑点状,加上远距离传输所造成的能量衰减及强背景、传感器噪声的影响,致使接收到的目标信号很微弱,极易淹没在强噪声背景中,使得弱小目标的检测任务变得尤其困难。但由于弱小目标的检测、跟踪在导弹预警、导弹制导、目标探测、卫星遥感、森林预警、天文观测等领域的广泛应用,使弱小目标的检测成为当前一个热门的课题

小目标检测技术应用于军事和民用领域的诸多方面。在军事领域的空中预警系统,小目标检测用于尽早发现可疑目标,使防御方有充分的时间采取应对措施;在武器制导和侦察的空载下视系统,小目标检测用于监视低空或地面的机动目标,寻找袭击目标以及掌握敌方动态。正是由于小目标检测在军事上的重要意义,该技术研究的最初目的就是应用于军事领域。近年来,由于光学和微电子学技术的飞速发展,硬件设备工作速度不断提高,价格日趋便宜,图像处理技术应用更为广泛,相应的,小目标检测技术也在民用领域获得应用,包括:航天、自动驾驶、机器人、遥感、医学成像、安全成像和科学成像等。以医学成像系统为例,小目标检测技术在医学造影图像中识别细小肿块,用于乳腺癌的早期发现。在我国,对小目标检测技术的研究多以红外图像序列中的小目标为检测对象。

在军事领域中,小目标检测与识别方法的应用是很广泛的。例如可以利用可见光、红外光和其它谱段射线成像技术对飞行器和其它地面、海面运动目标进行自动检测、识别与跟踪,实现导弹和其它飞行器的精确制导或自动制导以及战场的动态分析。此外,在航空方面,用于对各类航空或卫星照片的自动分析和判读。另外一些应用还包括:物理上的微观粒子估计成像及研究;天文学上的天体跟踪和分析;计算机视觉、交通管制等等。

红外图像根据物体的热辐射成像。飞机、导弹和机动车辆的动力装置,其表面温度远远高于其它物体,在红外图像上表现为具有较高灰度,形成灰度奇异点。如果目标和背景不存在灰度差异,所有小目标检测算法都无法检测出目标。

自上个世纪60年代以来,目标检测与识别问题的理论与技术研究已经取得了很大的进展,日益趋于成熟和完善。但是这些理论与技术方法还是有其不完善之处,而且大多数都是研究近距离面目标的检测和识别问题。

科索沃战争,北约部队所采用的武器 90%以上是精确制导导弹,在这当中热成像制导占了很大的比例,这是以往任何一次战争都无法比拟的。可见,红外技术

是未来战争中实现全天候作战的一种重要技术，是解决低能见度问题的最好手段，在将来的高技术局部战争中将起到至关重要的作用。

现代红外技术具有隐蔽、抗干扰、全天候工作等特点，具有电视不可替代的优势，被广泛用于各种作战系统中作为侦察、告警、热点跟踪的主要手段。因此研究和应用红外技术，已经成为国家安全依赖的主要探测技术手段之一，也必将在今后的局部战争中起到举足轻重的作用，是影响未来军事战争形势的高新技术。

所以，开展红外探测系统中弱小目标检测技术的研究，对提高区域防御系统的生存力、反击能力以及在未来战争中争夺制空权具有重要的军事意义和实用价值；同时，红外探测系统在民用方面也有广泛的应用，如天文观测、粒子碰撞、森林预警以及遥感等。

随着先进武器系统的发展，在未来战争中要求防御武器系统必须具备优良的技术性能，能够正确检测和识别远距离小目标。从获取目标红外信息的过程来看，目标在距离拦截器较远的一段时间内在成像平面中表现为点状或是斑状特征。随着拦截器至目标之间距离的逐渐缩小，目标在红外图像平面中逐渐形成面状特征，之后又以很快的速度溢出视场。因此，对于主动拦截武器来说，其信息处理系统应该包括：目标探测、目标识别、目标捕获、目标高精度跟踪、寻的等一系列复杂处理过程。当拦截器与目标距离较远时，一方面，红外接收器接受到的目标信号强度比较弱；另一方面，接收器内的噪声及背景杂波干扰又往往比较强，因此这是一个低信噪比条件下小目标的检测问题。小目标检测器性能的好坏将直接决定红外自动寻的末制导系统的有效作用距离以及设备的复杂程度，因此这是一个必须解决的关键问题。低信噪比点目标或小目标的检测和识别问题是ATR中的一个难题，其主要困难表现在以下几个方面：

1. 目标无形状、尺寸、纹理等可以利用的信息，只有目标和背景间灰度差异；
2. 单帧图像处理有虚警，需要通过对多帧图像处理来积累目标能量，这使得存储和处理的数据量增大，为实时处理增加了难度；
3. 噪声与点目标的特征相似，从而增大了检测难度。

七十年代以来，国内外针对小目标的检测和识别技术开展了大量的研究。例如，

Mohanty等人^[2]提出的基于概率估计的最大似然比自适应方法; Reed^{[3][4]}等人采用匹配滤波器的方法验证的方法。Larson^{[5][6]}提出的动态规划法; Blostein等^{[7][8]}提出的基于多级假设检,还有近年来提出的神经网络法,和Kabuka等人^[9]提出的最优控制理论。

国内的研究多数采用的是对图像序列进行处理。这是由于目标图像的信噪比低,单帧图像难以实现对目标的可靠检测。目前所提出的低信噪比红外小目标检测与识别方法的一个主要共同点在于都利用了运动连续性假设。

例如假定目标的运动速度小于每帧一个像素等等。然后,基于这种假设通过对目标轨迹的搜索和能量的积累来提高信噪比,再在信号幅值超过一定门限以后进行判断,以保证识别目标的正确性。这是目前解决低信噪比小目标自动检测和识别问题的一种有效途径。

总的来说,对于这类目标的检测,主要有以下两个基本思路:

1. 对于单帧图像尽可能地抑制背景和噪声,提高信噪比,并且不能由于处理不当而使目标点被误认为背景或是噪声而被抑制,否则一旦失去了目标,在后面的图像处理中不但难以恢复,并且会增加检测的难度;

- 2 充分利用序列图像的帧间相关性和目标运动的连续性,进一步排除虚假目标,确定图像中的真实目标。

本章首先阐述了本课题的研究背景和意义以及有关小目标检测与识别的一些基本问题,然后对已有的国内外有关红外序列图像中运动小目标的检测和识别方法进行了综述,最后指出了本学位论文的主要研究工作。

1.2 现有红外图像小目标检测的研究概况

对于实际获得的含有运动小目标的图像,一般认为它由三个部分组成:目标,背景和噪声。图像具有如下特点:

目标图像为只占几个像素的灰度奇异点,由于它所占的面积很小,缺乏尺寸,形状、和纹理等结构信息。唯一可供利用的就是目标的强度信息。(在图像中表现为强灰度特征)。

噪声图像是传感器和电路产生的各类噪声的总和,它的各像素点之间互不相关,而且与背景像素也不相关,在空间域中表现为和小目标类似的高频特征,但它与空间分布上是随机的,帧间分布不具有运动小目标所有的时间空间相关性。

国内外学者从70年代末期开始,针对红外监视系统提出了小目标的概念,经过十多年对该问题的深入研究,部分有代表性的方法进行综述已经取得了不少成果。现综述如下:

1.2.1 基于投影变换的小目标检测方法

这种检测方法的基本思想是:通过某种形式的投影变换将由空间--时间组成的三维图像序列空间中的轨迹检测问题转化为二维投影平面上的轨迹检测问题.这种方法的计算量较三维直接搜索大为减少,但由于投影变换会损失信噪比,故相对三维处理而言,这种技术的低信噪比处理能力较弱,难于检测静止目标。因此在投影变换的基础上又发展了基于投影变换和三维搜索相结合的点目标检测方法。这种方法先经投影变换和低门限处理初步确定候选目标可能存在的区域,再返回到三维图像序列空间中,在这些可能区域内进行精确的目标轨迹搜索。这种检测方法^{[1][2]}往往兼有投影变换的运算量和存储量较小以及三维搜索统计检测性能好的优点。

1.2.2 基于图像灰度信息的运动分析方法

基于图像灰度信息的运动分析方法主要分为以下几种:差分图像法、互相关分析法。

差分图像法是将两幅图像作差分运算,如果某像素点上差分结果的绝对值超过某一门限,则将其置为1,否则置为0。该算法清晰简单,易于实现。

互相关分析法主要思想是给定两幅图像及第一幅图像上的小窗口区域,将这个

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库